

ケーブルを用いたタンク屋根の力学特性

国土工営コンサルタンツ(株) 正員○筒井光男 國見 玲
国土工営コンサルタンツ(株) 正員 石原 元
熊本大学 工学部 宮崎靖男 正員 渡辺 浩

1．はじめに

貯水用 PC タンクの屋根はコンクリート製のドームが用いられることが多い。しかし、そのタンク屋根は消毒用の塩素により劣化する例がある。ここではタンク屋根の取替えあるいは新設用に、ケーブルを用いた屋根を提案し、その静力学特性を調べるために載荷実験および解析を実施したので報告する。

2．提案構造

1)提案する屋根の形状は以下の通りである。(図-1 参照)

- ・円形タンクの中央に柱材を設け、その上部および下部からタンク壁へ向かって放射状にケーブルを張る。このとき、ケーブルには初期張力を導入し、剛性を上げる。
- ・柱材はケーブルに支えられて空中に浮いており、上下ケーブルの定着に必要とされる長さを持つ。
- ・タンク壁上部ではケーブルは壁に埋め込まれた金具またはタンク壁に沿って配置されたリング状の部材に定着する。
- ・上ケーブルは雨水排水に必要な勾配を持ち、板状の屋根材が取付けられる。

2)力の伝達

- ・ケーブル上に作用した鉛直荷重に対しては、ケーブルがたわんでサグを生じ、そのサグとケーブル張力により釣り合う(図-2)
- ・柱材においては作用するケーブル張力の水平成分は円周方向力に変換され、鉛直成分は軸力に変換される。これらの力が釣り合わないときは釣り合う位置まで柱材が移動する。
- ・タンク壁上部では、ケーブル張力は円周方向力に変換される。

3．実験と解析

力学特性を調べるために直径 5m (実物の約 1/6)の供試体による載荷実験を実施し(写真-1)、解析値と比較した。

3.1 載荷実験

供試体ケーブルは上下とも 12 本を 30 度ピッチで配置するが、上下は 15 度ずれている。なお、初期張力はケーブル両端に連結したアイボルトのナットを締めて導入した。載荷は上ケーブル途中にフックを掛けて順次、重しを乗せていく方法とした。測定はケーブル張力および載荷点と柱の鉛直変位とした。張力はケーブル端部に組み込んだロードセルにより測定し、変位は変位計を用いた。載荷ケースを表-2 に示す。なお、載荷位置は柱材中心から 1.5m とした。

キーワード：タンク、屋根、ケーブル、プレストレス、大変形

連絡先：〒 815-0075 福岡市南区長丘 2-25-43 TEL092-512-6362 FAX092-512-6365

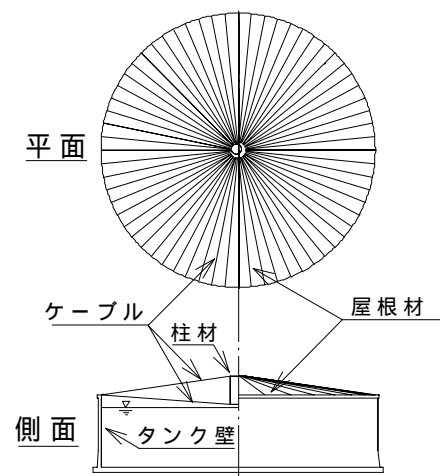


図-1 タンク屋根構造図

表-1 供試体諸元

リング直径	5000 mm
リング部材	H250x250x9x14
柱材	STK558.8x16
使用ケーブル	24-6x24 10 φ
ケーブル本数	上 12 本、下 12 本
ケーブル勾配	上:2/15,3/15、下:1/15

表-2 載荷ケース

ケース	荷重数	載荷状況
1	1	単独載荷
2	2	中心軸対称に載荷
3	12	全上ケーブル載荷

3.2 簡易解析・大変形骨組解析

実験の精度確認のために、簡易解析および大変形理論による骨組計算を行った。解析においては、ケーブルヤング率は、別途実測した値 490000 kgf/cm^2 を用いた。

1) 簡易解析

ケーブル一本を取り出してたわみと水平力を求める式を作る。最初直線であったケーブルに集中荷重 P が作用し、ケーブルがのびてサグ f が発生し、サグと張力で荷重を支えるとすると以下の式が成り立つ。

$$(L_1^2 + f^2)^{0.5} + (L_2^2 + f^2)^{0.5} = L + \frac{H \times L}{A \times E} \quad (1)$$

ここで、 L はケーブル長、 A は断面積、 L_1 L_2 は載荷位置、 H は張力の増加分を示す。また、ケーブルの初期張力を H_{PR} とすると

$$H_{PR} + H = \frac{M}{f} = \frac{P \times L_1 \times L_2}{L \times f} \quad (2)$$

ただし、 M は梁としての曲げモーメント。式(1)と(2)の連立方程式を解くと、サグ f と増加水平力 H が求まる。 H は上下のケーブル勾配に逆比例して再配分されると考えて、上下の張力を求める。また、載荷が上ケーブルの一部でかつ対称の場合は、上ケーブル全数と載荷数の比で補間する。

2) 大変形解析

初期張力による影響を考慮できる骨組大変形解析プログラムを用いて立体解析をおこなった。(以下、大変形解析とよぶ)

3.3 結果の比較

ケース2の実験・簡易解析・大変形解析結果を図-3、4に示す。載荷ケーブルのたわみ・張力ともに荷重が小さい間は非線形性が現れるが、荷重が増加するに従い線形に近づいている。ケーブル張力は実験値が大変形解析値より15%程度大きいものの、簡易解析・大変形解析とほぼ同様の値と傾向を示している。またたわみについては、実験値が10%程度小さめであるが大変形解析値と同様の傾向を示している。

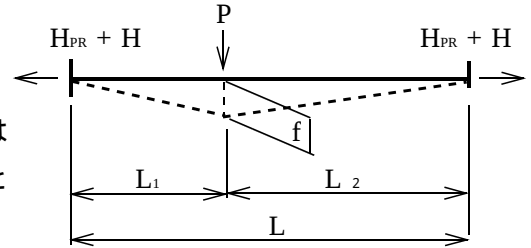


図-2 簡略解モデル図



写真-1 実験状況

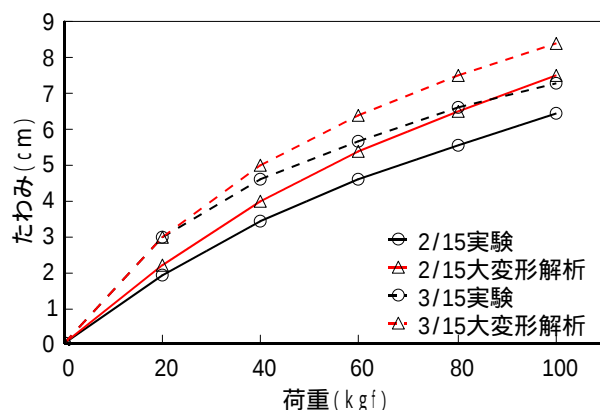


図-3 ケーブルたわみ

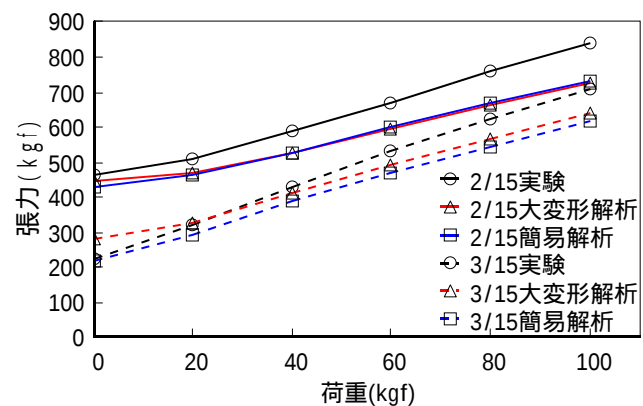


図-4 ケーブル張力

9. おわりに

ケーブルを用いたタンク屋根を提案し、その力学性状を確認するために、載荷実験と大変形骨組解析および簡易解析をおこなった。実験と両解析はともに比較的良く一致することが判った。簡易解析は概略照査に用い、大変形立体解析は詳細照査にと使い分けるのがよいと考えられる。

参考文献： ケーブル構造物設計指針・同解説 日本建築学会、1994.6